

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-148536

(43)公開日 平成6年(1994)5月27日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 B 26/08

識別記号

片内整理番号

F 9226-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数6(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-295946

(22)出願日 平成4年(1992)11月5日

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 佐野 知巳

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 佐藤 誠

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

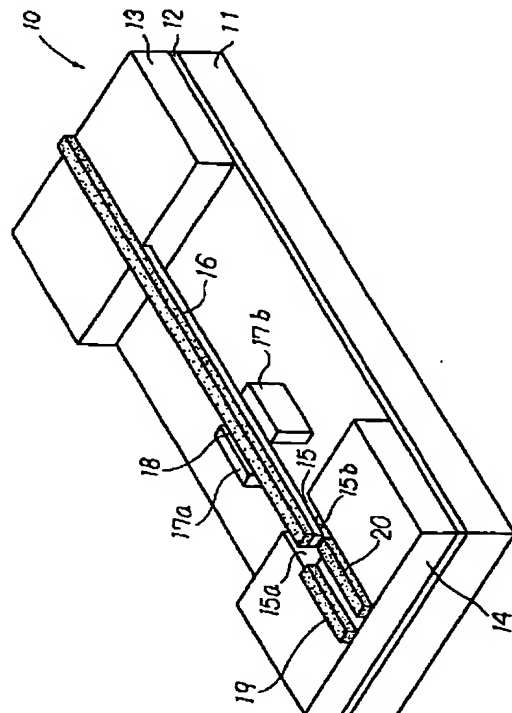
(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54)【発明の名称】 光スイッチ及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】 本発明は、光路として光導波路を用い、静電力を利用して機械的に光路を切り換えることのできる、極めて精度の高い光スイッチ及びその製造方法を提供することを目的とする。

【構成】 本発明の光スイッチ(10)は、片持ち梁状に支持された可動部材(16)に第1光導波路(18)を形成し、この可動部材(16)を静電力により駆動させて、第1光導波路(18)を第2及び第3の光導波路(19, 20)のいずれか一方と光学的に結合させる構成となっている。可動部材(16)及び光導波路(16, 18, 19, 20)はシリコン基板(11)上に光集積回路製造技術を用いて作製でき、容易に高精度の光スイッチを製造することができる。



(2)

特開平6-148536

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 片持ち梁状に支持されている弾性変形可能な1本の導電性の可動部材と、
静電力により前記可動部材を第1位置及び第2位置の間で駆動させるために、この可動部材の近傍に配置された電極と、
前記第1位置及び前記第2位置のそれぞれで前記可動部材を停止するための停止部材と、
前記可動部材に形成された第1光導波路と、
前記可動部材が前記第1位置にある場合に、前記第1光導波路と光学的に結合する第2光導波路と、
前記可動部材が前記第2位置にある場合に、前記第1光導波路と光学的に結合する第3光導波路と、
を備える光スイッチ。

【請求項2】 前記電極は前記可動部材の両側に配置されている請求項1記載の光スイッチ。

【請求項3】 前記停止部材は、前記第2光導波路及び前記第3光導波路が形成される支持層の一部から成る請求項1又は2記載の光スイッチ。

【請求項4】 前記可動部材と前記停止部材との接触面に磁性体薄膜を形成し、前記可動部材が前記第1位置又は前記第2位置にある場合に自己保持されるようにした請求項1～3のいずれか1項に記載の光スイッチ。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項に記載の光スイッチを多段に組み合わせて成る光スイッチ。

【請求項6】 基板上に、後にエッチングにより除去される犠牲層を形成する工程と、
前記犠牲層を型として用い、片持ち梁状に支持される弾性変形可能な1本の導電性の可動部材と、この可動部材を第1位置及び第2位置の間で駆動するための電極と、
前記可動部材を前記第1位置及び前記第2位置で停止するための停止部材とを形成する工程と、
可動部材に第1光導波路を形成する工程と、
前記可動部材が前記第1位置にある場合に、前記第1光導波路と光学的に結合する第2光導波路を形成する工程と、
前記可動部材が前記第2位置にある場合に、前記第1光導波路と光学的に結合する第3光導波路を形成する工程と、
前記犠牲層をエッチングにより除去する工程と、
を備える光スイッチの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信装置や光伝送装置等で用いられる光スイッチ及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光路を切り換えるための光スイッチとしては、従来から種々の型式がある。図10に記載の光スイッチはその一例であり、特開平3-75713号公報

2

に記載のものである。この光スイッチは機械式と称されるものであり、片持ち梁状に取り付けられた光ファンバー1の自由端を、固定された2本の光ファイバー2、3に対して磁力によって動かし、前記光ファイバー2、3のいずれか一方と光学的に結合させる構成となっている。

【0003】また、従来においては、例えば特開平3-194517号公報に記載されているような、誘電体や半導体の特性を利用した導波路型と呼ばれる光スイッチが知られている。図11はこの導波路型光スイッチの動作原理の一例を示しているが、これは、基板上に形成されたY分岐光導波路5の分岐点手前で、印加電圧によって導波光の界分布を変化させ、それにより光路の切換えを行うものである。

【0004】このような機械式光スイッチ及び導波路型光スイッチには、以下に示すような解決すべき技術的課題がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】まず、機械式光スイッチにあっては、光学的結合に要求される数 μm の精度を各構成部材の作製段階及びそれらを組み立てる際に満足する必要があり、製造が極めて困難であるという問題点があった。

【0006】また、上記の機械式光スイッチを多段に組み合わせて $1 \times N$ 光スイッチを構成しようとした場合、光スイッチ間の接続のために光ファイバを接続する必要があり、スイッチ全体が大型化する問題があった。

【0007】一方、導波路型光スイッチにおいては、多段に組み合わせて $1 \times N$ 光スイッチを実現することは容易である。しかしながら、この導波路型光スイッチの特徴として、分岐点での散乱損失が大きく、また、導波光の波長及び偏波に依存するという問題点がある。

【0008】本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、光路としては光導波路を用いるが、光路切換え方式は静電力を利用した機械式とした光スイッチ及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に係る発明による光スイッチは、片持ち梁状に支持されている弾性変形可能な1本の導電性の可動部材と、静電力により前記可動部材を第1位置及び第2位置の間で駆動させるために、この可動部材の近傍に配置された電極と、前記第1位置及び前記第2位置のそれぞれで前記可動部材を停止するための停止部材と、前記可動部材に形成された第1光導波路と、前記可動部材が前記第1位置にある場合に、前記第1光導波路と光学的に結合する第2光導波路と、前記可動部材が前記第2位置にある場合に、前記第1光導波路と光学的に結合する第3光導波路と、を備えることを特徴としている。

【0010】電極は可動部材の両側に配置するのが好適

50

3

である。

【0011】また、停止部材は、第2光導波路及び前記第3光導波路が形成される支持層の一部を利用したものであっても良い。

【0012】更に、可動部材と停止部材との接触面に磁性体薄膜を形成し、可動部材が第1位置又は第2位置にある場合に自己保持されるようにすることもできる。

【0013】このような光スイッチを多段に組み合わせることで、N×M型の光スイッチとすることができる。

【0014】更に、請求項6に係る発明は、基板上に、後にエッチングにより除去される犠牲層を形成する工程と、前記犠牲層を型として用い、片持ち梁状に支持される弾性変形可能な1本の導電性の可動部材と、この可動部材を第1位置及び第2位置の間で駆動するための電極と、前記可動部材を前記第1位置及び前記第2位置で停止するための停止部材とを形成する工程と、可動部材に第1光導波路を形成する工程と、前記可動部材が前記第1位置にある場合に、前記第1光導波路と光学的に結合する第2光導波路を形成する工程と、前記可動部材が前記第2位置にある場合に、前記第1光導波路と光学的に結合する第3光導波路を形成する工程と、前記犠牲層をエッチングにより除去する工程と、を備える光スイッチの製造方法の特徴としている。

【0015】

【作用】請求項1の発明では、導電性の可動部材と電極との間で生ずる静電力により、可動部材を第1位置と第2位置との間で移動させることができる。例えば、可動部材に負の電荷を与え、そこに隣接する1個の電極に正の電荷を与えた場合、電荷の吸引力により可動部材は当該電極の方向に引き寄せられる。電極に負の電荷を与えた場合には、斥力により可動部材は当該電極から離れる方向に移動する。可動部材は片持ち梁状に支持されているので、静電力によりその自由端側が大きく動くことになる。

【0016】上記電極は少なくとも1個あれば足りるが、請求項2に記載したように、可動部材の両側に配置した場合には、一方からは吸引力、他方からは斥力が働き、1個の電極よりも大きな変位が得られる。

【0017】可動部材には第1光導波路が形成されているため、静電力によって可動部材が駆動されることにより、第1光導波路は第2光導波路及び第3光導波路のいずれか一方と光学的に結合される。

【0018】また、停止部材を設けておくことで、可動部材が光導波路の光学的結合のための所定位置（第1位置及び第2位置）で確実に停止される。この停止部材は、第2及び第3の光導波路が形成される支持層の一部を用いることで、製造工程の簡略化が図られる。

【0019】更に、停止部材と可動部材との接触面に磁性体薄膜を形成しておくことで、可動部材が第1位置又は第2位置となった場合に、静電力を消勢しても、磁性

(3)

特開平6-148536

4

体薄膜の磁力吸引力により可動部材はその位置で保持される。

【0020】このような光スイッチは、請求項6に記載の本発明による製造方法に従って製造することができるが、これは現在のシリコン半導体製造技術を用いた光集積回路製造技術で十分に行うことができ、手間のかかる組立工程は必要ない。

【0021】

【実施例】以下、本発明の好適な実施例について図面を参照にして説明する。

【0022】図1～図3は本発明の一実施例による光スイッチ10の構成を示しており、図1はその平面図、図2は側面図、図3は斜視図である。なお、以下の説明中、「左」、「右」、「上」、「下」は図1及び図2を基準とする。この実施例における光スイッチ10は平板状のシリコン基板11を有しており、その上面には絶縁層として酸化シリコン層12が形成されている。酸化シリコン層12の上面の左右各側には、導電性を有するポリシリコンから成る光導波路支持層13、14が形成されている。

【0023】左側の支持層14には、右側の支持層13に対向する縁部（即ち右側縁部）の中央に凹部15が形成されている。また、右側の支持層13の左側縁部の中央には、細長い直線状の可動部材16が片持ち梁状に形成されている。この可動部材16は左側の支持層14に向かって延び、その自由端は左側の支持層14の凹部15内に配置されている。

【0024】可動部材16は、右側の支持層13と一体形成されたポリシリコン製であり、一定範囲内においては弾性変形可能である。従って、可動部材16はシリコン基板11及び酸化シリコン層12の面に平行な方向において揺動可能となっているが、凹部15の側壁面15a、15bにその自由端が接するので、可動範囲は限定されている。以下、便宜上、可動部材16の自由端が凹部15の側壁面15aに接した位置を「第1位置」と称し、相対する側壁面15bに接した位置を「第2位置」と称する。

【0025】可動部材16の両側にはポリシリコン製の電極17a、17bが所定の間隔をおいて配置されている。これらの電極17a、17bは、可動部材16を静電力で移動させるためのものである。電極17a、17b及び支持層13、14は、絶縁材料である酸化シリコン層12上に形成されているので、電氣的に独立である。

【0026】可動部材16の上面には、その全長にわたりLiNbO₃やガラス等から成る第1光導波路18が形成されており、更にこの第1光導波路18は右側の支持層13の右側縁部まで延長されている。また、左側の支持層14の上面には、第2光導波路19及び第3光導波路20が第1光導波路18の中心線と平行に延びるよ

(4)

特開平6-148536

5

う、形成されている。これらの光導波路18, 19, 20の位置関係は次の通りである。即ち、可動部材16を第1位置に配置した場合、第1光導波路18の端面は第2光導波路19の端面に正対し、光学的に両者は結合状態となる。可動部材16を逆方向に湾曲させて第2位置に配置した場合、第1光導波路18の端面は第3光導波路20の端面に正対するようになっている。

【0027】図4は、上記構成の光スイッチ10の動作原理を示したものである。まず、可動部材16に正の電圧を加えた状態で、電極17aに負、電極17bに正の電圧を加えると、可動部材16は電極17bからは斥力、電極17aからは吸引力を受ける。従って、第1光導波路18は矢印A方向に湾曲され、その自由端は凹部15の側壁面15aに接して第1位置に配置される。この状態においては、前述したように、第1光導波路18は第2光導波路19と光学的に結合される(図4の(a))。

【0028】電極17aに正、電極18bに負の電圧を加えると、正に荷電されている可動部材16は前記とは逆の力を受け、矢印B方向に湾曲し、その自由端が凹部15の側壁面15bに接する。これにより、第1光導波路18は第3光導波路20と光学的に結合される(図4の(b))。電極17a, 17bへの通電を停止すれば、静電力は消滅し、可動部材16はそれ自体の弾性復帰力により元の直線状態となり、図1に示す中立位置に戻る。

【0029】このような動作形態においては、支持層14の凹部15の側壁面15a, 15bは可動部材16の停止部材として機能し、かつまた、第2又は第3の光導波路19, 20に対する第1光導波路18の位置決め手段としても機能する。これによって、極めて精密なスイッチング動作が得られる。

【0030】上記実施例では、支持層14の凹部15を停止部材としているが、停止部材を支持層14とは別個に酸化シリコン層12上に形成しても良い。また、可動部材16の変位を大きくするため、かつ、外部からの磁氣的或いは電氣的影響等を極力排除するために、2個の電極17a, 17bが使用されているが、可動部材16を駆動するだけであるならば、電極は少なくとも1個あれば足りる。

【0031】上記構成の光スイッチ10は、現在のシリコン半導体製造技術を用いた光集積回路製造技術により、容易に製造することが可能である。図5はその製造工程の一例を示したものであり、以下、順に説明する。なお、図5の左側の各図は光スイッチの平面図、右側は光スイッチの中心線に沿った断面図である。

【0032】まず第1に、シリコン基板11の上面を熱酸化し、酸化シリコン層12を形成する(図5の(a))。

【0033】次に、図5の(b)に示すように、酸化シ

6

リコン層12の上面に、後にエッチングにより除去する犠牲層として、所定形状の窒化シリコン層21を形成する。この窒化シリコン層21は、左側の支持層14の凹部を形成するための突起部21a, 電極17a, 17bを形成するための貫通孔21b, 21c、可動部材16を形成するための溝21dを有している。

【0034】この後、窒化シリコン層21を型として用いて、ポリシリコンを酸化シリコン層12の上面に積層する。これにより、左右の支持層13, 14、電極17a, 17b及び可動部材16が形成される(図5の(c))。この工程において形成される部分は、低損失の光学的結合を目的とした場合には数 μm の精度が要求されるが、それはリソグラフィの精度を向上させることで容易に達成される。

【0035】更に、図5の(d)に示すように、支持層13, 14及び可動部材16の所定の位置に第1～第3の光導波路18, 19, 20を蒸着やスパッタリング等により形成する。

【0036】最後に、窒化シリコン層21をエッチングにより除去すると、図1～図3に示す光スイッチ10が形成される(図5の(e))。

【0037】以上の工程においては、組立工程が一切含まれていないため、高精度の光スイッチを製造することが可能となっている。

【0038】上記実施例では、可動部材16及び電極17a, 17bへの通電を停止すると、可動部材16は元の中立位置に戻るが、図6に示すように、支持層14の凹部15の側壁面15a, 15bと、各側壁面15a, 15bに接触する可動部材16の側面とに磁性体薄膜30a, 30b, 30c, 30dを形成することで、可動部材16は自己保持機能を有するようになる。この場合、側壁面15a, 15b上の磁性体薄膜30a, 30bの表面をS極としたならば、可動部材16上の磁性体薄膜30c, 30dの表面はN極とする必要がある。

【0039】図7は、磁性体薄膜30a, 30b, 30c, 30dを有する光スイッチ10の動作を示す説明図である。尚、図7における F_{EA} , F_{EC} は可動部材16に作用する静電力、 F_{M1} , F_{M2} は磁性体薄膜30a, 30b, 30c, 30dによる磁力であり、その向きは図6に示す通りである。まず、ステップIにおいて、電極17aに正の電圧を印加し、電圧17b及び可動部材16に負の電圧を印加した場合、可動部材16には電極17aから吸引力、電極17bからは斥力を受け、その自由端は凹部15の側壁15aに接触する。この時、磁力 F_{M1} は磁力 F_{M2} よりも大きくなる。従って、ステップIIにおいて通電を停止しても、磁性体薄膜30a, 30cの磁力により両者の接触状態が保たれ、第1光導波路18は第2光導波路19と光学的に結合した状態で保持される。

【0040】次に、ステップIIIにおいて、電極17a

(5)

特開平6-148536

7

及び可動部材16に正の電圧を印加し、電極17bに負の電圧を印加すると、可動部材16には電極17aから斥力、電極17bからは吸引力を受ける。ここで、磁力 F_{M1} 、 F_{M2} はそれぞれ、可動部材16に作用する全静電力 $(|F_{EA}| + |F_{EC}|)$ よりも小さくなるように定められているので、ステップIIIの通電状態では、静電力が磁力に打ち勝って、可動部材16の自由端は凹部15の側壁面15bに接触する。この時、磁力 F_{M2} は磁力 F_{M1} よりも大きくなるので、ステップIVにおいて通電を停止した場合にも、第1光導波路18が第2光導波路20と光学的に結合した状態で自己保持される。

【0041】上記実施例は1×2型の光スイッチ10を示しているが、この1×2型光スイッチ10を多段に組み合わせることでN×M型の光スイッチを作ることができる。図8は、1×8型の光スイッチ100における光スイッチ10の配列を示している。光スイッチ100における各光スイッチ10は、上記の製造工程に従って1枚の大きなシリコン基板110上に同時に作製することができ、更に、光スイッチ10間を接続する光導波路120も光集積回路製造技術によりシリコン基板110上に作製することが可能である。図8の符号130は、シリコン基板110に形成された電極であり、これらは所定の光スイッチ10の電極（図示しない）に電気的に接続されている。

【0042】このような光スイッチ100はプラスチックによりモールドされ、図9に示すような形態で利用されるのが一般的である。プラスチックモールド150の内部には、空気による導波路端面でのフレネル反射を防ぐために整合剤が注入されるのが好適である。また、図9において、符号160は光スイッチ100の電極130に接続されたピンであり、電気基板等に取り付けて使用するのに便利な構造となっている。更に、符号200は、光ファイバー180のコネクタ190を光スイッチに接続する場合に、コネクタ190のガイドピン200が挿入されるガイド穴である。このガイド穴170は、図8に示すようにシリコン基板110上に異方性エッチングにより形成されたV溝140から構成されるのが、光ファイバー180と光スイッチ100の光導波路120との光学的結合の精度を向上させるために望ましい。

【0043】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、導電性

8

の可動部材を静電力により揺動させ、それにより、可動部材に形成された第1光導波路を第2及び第3の光導波路のいずれか一方と光学的に結合させることができる。切換え動作はいわゆる機械式であるため、従来の導波路型にみられる光の偏波依存性等の問題は生じない。

【0044】また、可動部材及び光導波路は光集積回路製造技術を用いて作製することができ、精度の低下を招く組立工程がない。その結果、部材間の寸法的誤差が極めて小さく、動作面においても非常に高い精度が得られる。

【0045】更に、この光スイッチでは光路自体は光導波路であるので、集積化が可能である。即ち、これらを組み合わせてN×M型の光スイッチを製造する場合、光ファイバーを用いて光スイッチ間を接続する必要がなく、小型化を図ることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光スイッチの平面図である。

【図2】図1に示す光スイッチの側面図である。

【図3】図1に示す光スイッチの斜視図である。

【図4】図1に示す光スイッチの動作状態を示す平面図である。

【図5】図1に示す光スイッチの製造工程を示す説明図である。

【図6】自己保持機能を付加した本発明による光スイッチの部分平面図である。

【図7】図6の光スイッチの作用を示す説明図である。

【図8】図1の光スイッチを多段に組み合わせて構成した1×8型の光スイッチの概略構成図である。

【図9】モールドされた1×8型光スイッチの使用状態を示す斜視図である。

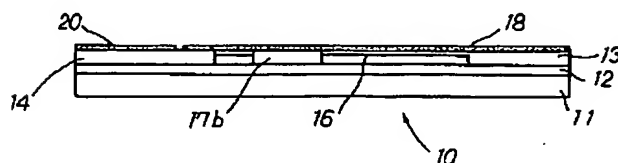
【図10】従来の機械式光スイッチを概略的に示す断面図である。

【図11】従来の導波路型光スイッチの動作原理を示す説明図である。

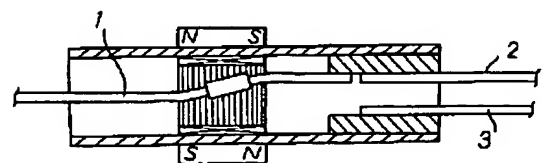
【符号の説明】

10…光スイッチ、11…シリコン基板、12…酸化シリコン層、13、14…支持層、15…凹部（停止部材）、16…可動部材、17a、17b…電極、18…第1光導波路、19…第2光導波路、20…第3光導波路、30a、30b、30c、30d…磁性体薄膜、100…1×8型光スイッチ。

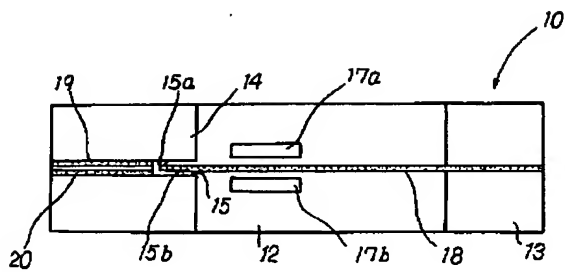
【図2】



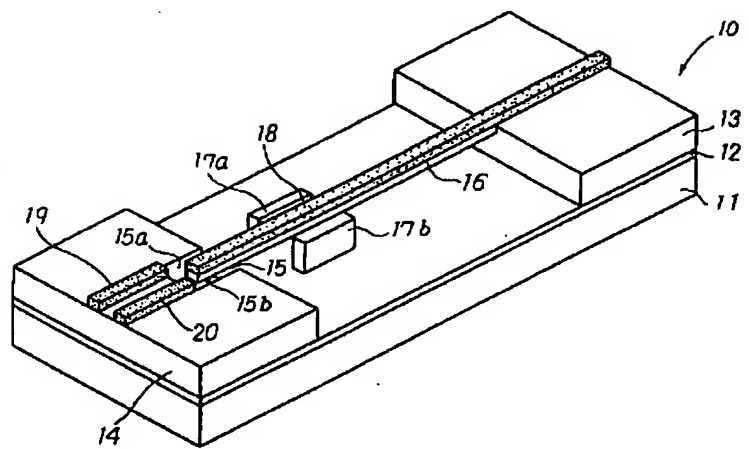
【図10】



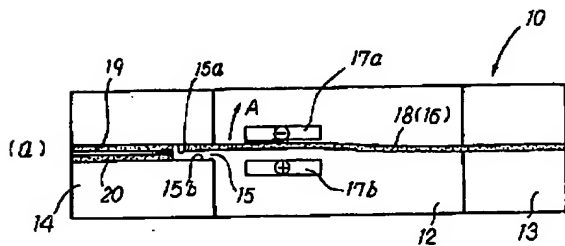
【図1】



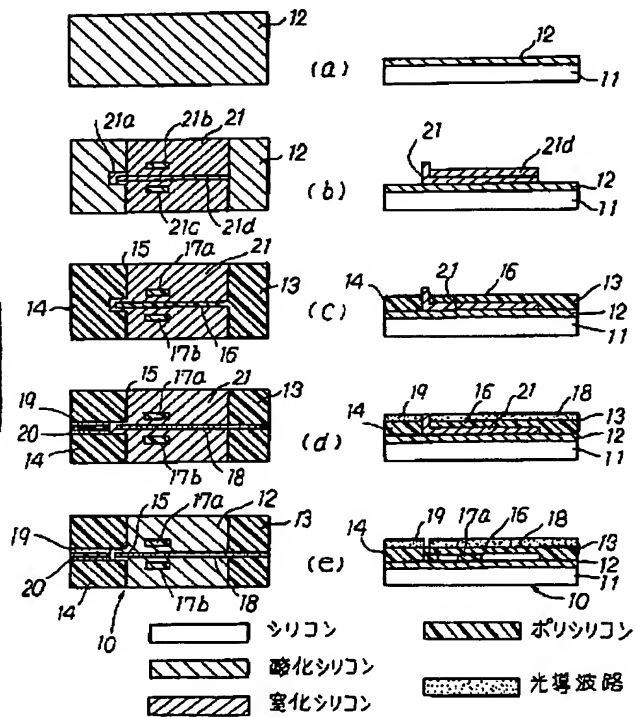
【図3】



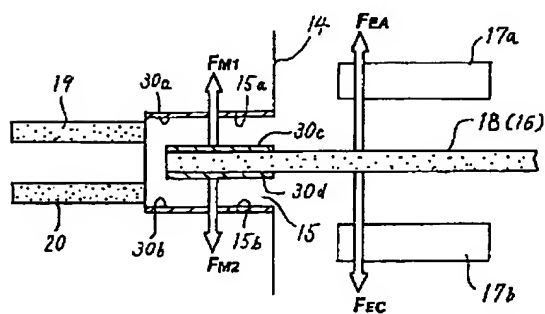
【図4】



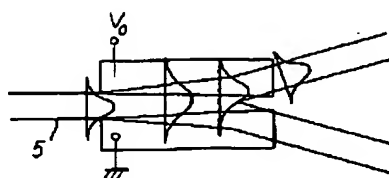
【図5】



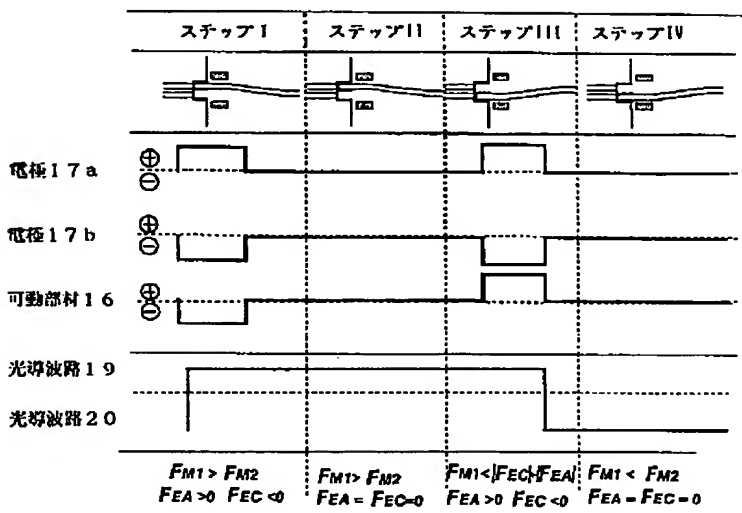
【図6】



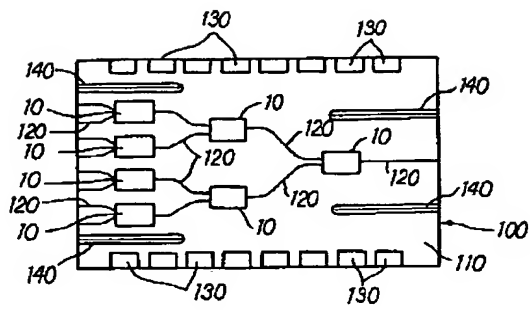
【図11】



【図7】



【図8】



【図9】

